

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 57-181516

(43)Date of publication of application : 09.11.1982

(51)Int.Cl.

G02B 9/02

G02B 3/00

(21)Application number : 56-066612

(71)Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL

(22)Date of filing : 01.05.1981

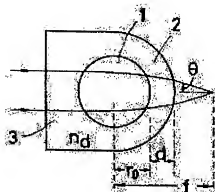
(72)Inventor : KIKUCHI KEISUKE
MORIKAWA TAKITARO
SHIMADA JUNICHI
SAKURAI KENJIRO

(54) HETEROGENEOUS REFRACTIVE INDEX LENS

(57)Abstract:

PURPOSE: To make construction simpler, performance better and manufacture easier by disposing a homogeneous refractive index spherical shell-like clad to one of the peripheral part of a heterogeneous refractive index core having a spherical surface on at least part of its outside surface and a homogeneous refractive index rod-like clad to the other.

CONSTITUTION: This relates to a lens of reducing aberrations by combining a rod-like medium 3 and a spherical shell-like medium 2 with a heterogeneous refractive index spherical core 1, wherein the parallel rays incident from the rod-like clad 3 side pass through the core 1 and form the image at the position of the clad 2. Here, it is also possible to reduce aberrations in the same way with the constitution wherein the light source and the imaging point are reversed. This is suited for applications where a large numerical aperture is required. Such constitution provides relatively simple lens constitution, high mass productivity, less aberrations despite a large numerical aperture, easy formation into one body with other elements by melt-sticking and ease of multiple utilization.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑭ 特許出願公開

⑯ 公開特許公報 (A)

昭57-181516

⑰ Int. Cl.³
G 02 B 9/02
3/00

識別記号

庁内整理番号
6952-2H
7448-2H

⑱ 公開 昭和57年(1982)11月9日
発明の数 1
審査請求 有

(全 16 頁)

⑳ 不均質屈折率レンズ

㉑ 特 願 昭56-66612

㉒ 出 願 昭56(1981)5月1日
特許法第30条第1項適用 昭和56年4月1日
昭和56年度電子通信学会総合全国大会におい
て発表

㉓ 発 明 者 菊地啓介
茨城県新治郡桜村梅園1丁目1
番4号工業技術院電子技術総合
研究所内

㉔ 発 明 者 森川滝太郎
茨城県新治郡桜村梅園1丁目1

番4号工業技術院電子技術総合
研究所内

㉕ 発 明 者 島田潤一
茨城県新治郡桜村梅園1丁目1
番4号工業技術院電子技術総合
研究所内

㉖ 発 明 者 桜井健二郎
茨城県新治郡桜村梅園1丁目1
番4号工業技術院電子技術総合
研究所内

㉗ 出 願 人 工業技術院長

㉘ 指定代理人 工業技術院電子技術総合研究所
長

明 細 書

1. 発明の名称

不均質屈折率レンズ

2. 特許請求の範囲

- (1) 少くとも外面の一部に球面を持つ不均質屈折率コアを有し、該球面部分の周辺部であつて光路中にある二周辺部分の中、一方には均質屈折率球殻状クラッドを、他方には均質屈折率ロッド状クラッドを有して成ることを特徴とする不均質屈折率レンズ。
- (2) コアは全局が球面部分である球形コアであることを特徴とする特許請求の範囲(1)に記載のレンズ。
- (3) コアは半球コアであることを特徴とする特許請求の範囲(1)に記載のレンズ。
- (4) ロッド状クラッドの端面は球面となつてゐることを特徴とする特許請求の範囲(1)乃至(3)のいづれか一つに記載のレンズ。
- (5) ロッド状クラッドは空腔を介して分かれた

た二部分から成り、分離した部分は光ディスクとなつてゐることを特徴とする特許請求の範囲(1)乃至(3)のいづれか一つに記載のレンズ。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、不均質屈折率レンズの改良に関する。

近年光通信、光情報処理、光ディスク大容量メモリスステムなどの分野で構造が簡単で重宝性に富み、しかも高性能で目的の機能満足させ易い小型レンズが要求されている。

この要求を満たすべく本発明者等は、先に球レンズ(特願昭55-42348号、同55-118126号、同55-122666号として出願中)を提案してきた。そこでは不均質屈折率球(半球)状コアの光路中にある二周辺部分の両方共に球殻状媒体を付着してあり、対称性がよいため多数光源から多数光ファイバへの多重結合など、優れた機能を有していた。しかし半面、(i)光源と像点がレンズから離れて位置し、(ii)光源と像点が重ならない、(iii)厚さ一様なクラッドの付着面積が多

く製作上容易でない、(iii) 光ビンプアツプに用いるとき、厚さ $1 \sim 4$ 程度のダイスタ透明板を通して真側へ集光するので焦点までの距離がある程度必要になるが、ダイスタ側のクラッドの厚みとその界面の凸レンズ効果のために、球芯半径 $2 \sim 4$ 程度のレンズでは焦点がダイスタ真側まで届きにくい、等の欠点があつた。

本発明はこの点に鑑みなされたもので、球面収差は上記既提案レンズ同様、充分に補正できるという前提の下で、上記従来例の(i)、(ii)、(iii)の欠点を除くための構成上の工夫を施した不均質屈折率レンズを提供せんとするものである。

本発明を概説すれば、少くとも外面の一部に球面を持つ不均質屈折率コアの該球面部分の周辺部であつて、一方から光が入り他方へ出射していく、またその逆の関係にある二周辺部分の中、一方には均質屈折率球殻状媒体を、他方には均質屈折率ロッド状媒体を、夫々クラッドとして設けた不均質屈折率レンズである。これにより、前述の如く、ロッド状媒体から成るクラ

ッド外面に他の素子を密着できる一方で、このクラッド部分と上記の球殻上クラッド部分とで協働的に収差補償がなされるのである。

尚、少くとも外面の一部に球面を持つコアとしては、当然、全面が球面である球状コアを含み、また、一般性はその方が高い。然し、後述のように、半球コア等にも本発明は運用できるものであり、要は、一方のクラッドを介する光がコアの球面部分に入射し、他の球面部分から他方のクラッドを介して出射していく関係にあるレンズであれば、上記第一、第二クラッドに本発明を適用すれば良いのである。

さて、本発明レンズの収差補正の原理の理解のために先に提案した球レンズ（特開昭 55-42348 号）の機能を一部引用して説明する。

均質屈折率の単なる球レンズはもとより、第 1 図(a)に示すイオン交換などの技術で付けられる屈度の屈折率分布をもつた不均質球レンズ/でさえも、例えば空気中におき、一点 P_0 から発する光束をレンズ/の反対側のある一点 P_1 に収

差なく集光することはできない。このとき生ずる収差の大きさを、結像点 P_1 における集束光が光軸となす角 θ の関数として示したのが第 1 図(b)である。この図で横軸につてある横収差 Δh は $\theta \approx 0$ の近軸光線が収束する結像点 P_1 を横切り光軸に垂直な面内において、それぞれの角度で集束する光線が光軸から外れている距離をいう。負の横収差というのは、近軸光線の集束点よりもレンズに近い側で集束する場合を要するものとする。従つて第 1 図(b)の拡大した円内ではこの負の横収差が示されている。

一方、第 2 図(a)は、均質屈折率の球殻状媒体 2 を左側から右側に向けて集束光が通過する場合に、先の場合とは逆に正の横収差 Δh が生ずることを示している。換言は、この球殻状媒体 2 がいないとき集束光がたどるはずの光路を示している。第 2 図(b)は、生ずる正の横収差の量を第 1 図(b)と同様に集束光が光軸となす角 θ の関数として示している。

尚、均質屈折率球殻状媒体 2 が光の進行方向

に対して第 2 図(a)とは反対の曲面をなしている場合、一点から発してこの媒体を通過する光線は、第 2 図(a)を左右逆に見ると想像できるように、外側のものほどより外側へ屈折させられる。その結果、この光線束を集束させるときには、外側の光線ほど媒体 2 から遠ざかつた所に集束し、同様に第 2 図(b)に示すような正の横収差が生ずることとなる点光源の位置を無限遠にし、平行光を入射させるようにしても同様の傾向を示す。

以上に鑑みると、第 1 図に示した不均質屈折率球レンズ/が集束させようとする光線源に及ぼす効果と、第 2 図に示した均質屈折率球殻 2 がこれに及ぼす効果は、収差に関して負と正という逆の関係にあることがわかる。従つて、これらの二要素を組合わせれば、正負が打ち消しあつて収差が補正され、先に提案した球レンズはこの技術思想に基づいてなされたものである。

本発明の不均質屈折率レンズも、収差補償の原理自体は同様で、正負の打消効果によつてい

る。しかし、先に提案したレンズのように、球殻状グラッドにのみよるものでは、先に述べた通りの欠点があるので、本発明では一方のグラッドをロッド状としてこれを除いたのである。逆に言う、ロッド状グラッドとしても正負の打消効果という従来例の長所は損うことがないということの証明から説明を始める。

第3図(ハ)にはロッド状媒体3の光線経路図が、第3図(ニ)にはその収差特性が示されているが、これから判かるように、このロッド状媒体3も正の収差を持つのである。即ち、仮に媒体がないときに点像のように一点に向かう光線が、媒体3が置かれると近軸光よりも光軸となす角θの大きい光線がより速くで光軸を切り、正の収差を生ずる。第3図(ハ)はロッド端面に像点がある場合を示しているが逆に像点の処へ光線を置いた場合も第3図(ハ)を逆に見ると想像できるように、外側のものほどより外側に屈折させられ、正の収差として働くことがわかる。また、平行光が入射する場合も同様である。

とその収差を示している。切り離されたロッド部分4を光ディスクと見たてると光ビクタアップレンズの構成となる。なお上記各光学系で光線と結像点を逆にとつても同様である。

以上の各構成のレンズで、不物質球芯(球状コア)の屈折率分布は、先に提案した球レンズと同様に、

$$n(r) = n(0) \{ 1 + Q_1 (r/r_0)^2 + Q_2 (r/r_0)^4 \}$$

と示している。ここで、 r_0 は球芯半径、 $n(0)$ は中心の屈折率、 Q_1, Q_2 は実々2次係数、4次係数と呼び、屈折率が中心 $r=0$ から周辺 $r=r_0$ までどのように変化しているかを表わしている。球対称であり、また2乗分布に近いことを前提とし、4次以上と奇数次は0としている。

なお、屈折率は中心から周辺に向つて減少する場合($Q_1 < 0$)が実際上問題になる。またその屈折率差はイオン交換技術で可能な5%前後($Q_1 \approx -0.1$)のものを考えている。

グラッドは均質な屈折率 n_d のものを考え、その値は球芯の中心の屈折率 $n(0)$ (数値例では1.6

さて、以上に分解して説明したロッド状媒体3と球殻状媒体2とを不物質屈折率球状コア1に組合わせ収差を著しく低減させた本発明レンズの基本的実施例の構成と高性能さの一端を示すための数値例を第4図～第7図に示している。第4図(ハ)、(ニ)はロッド状グラッド3側から平行光が入射し、コア1を通過後、球殻状グラッド2を通過した位置で結像する光学系とその収差の例、第5図(ハ)、(ニ)、(ハ)は球殻状グラッド2側から平行光が入射しコア1を介してロッド状グラッド3の端面3に結像する光学系とその収差の例であり、同図(ハ)は多重利用をし易くするためロッド側端面3を球面にしたものである。第6図(ハ)、(ニ)、(ハ)はロッド状グラッド3の端面3の点光源からの光線が球殻状グラッド2を通過した位置で結像する光学系とその収差の例で、同図(ハ)では多重利用をし易くするためロッド側端面3を球面としている。第7図(ハ)、(ニ)は第5図(ハ)でロッド状グラッド3を光軸に垂直な面で切り、間隙(空気層)2を入れた構成の光学系

とした)に対して大小いずれであつてもよいが加工性や熱加温性のよいプラスチックの使用を想定して $n_d = 1.5$ とした数値例を採用した。

さて、第4図～第7図は $Q_1 = -0.08$, $Q_2 = -0.005$ の不物質球芯の場合の例を示しているが、一般にはイオン交換によつて作成した後に測定によつて Q_1, Q_2 を知ることになる。そこで任意に与えられた Q_1, Q_2 に応じて収差補正に必要なグラッドの厚さを求める関係図を第8図～第11図に示した。各々第4図～第7図の各図示の光学系に対応している。これらの図で実線は収差補正に必要な球殻状グラッドの厚さ、一点線はその時の残像収差、点線は焦点位置を示している。

第8図に示すロッド状グラッド側から平行光を入射させる場合と第9図に示す球殻状グラッド側から平行光を入射させる場合を比較すると与えられた Q_1, Q_2 に対して収差補正に必要な球殻状グラッドの厚さは等しいことがわかる。また開口数を表す($NA = 0.45$)が前者($NA = 0.3$)

より大きくついているにもかわらず収差を小さくできる G_2, G_3 の領域が広いことがわかる。従つて大きい開口数が要求される用途には従者が通している。しかしロッド状グラッドを平行光にしてその端面に他要素、例えば第19図に即して後述のように、干渉膜、回折格子などを密着一体化させる応用例には従者が通する。

具体的な数値を例えば第9図であらつてみると、球芯半径 1mm 、 $G_2 = -0.1$ で $-0.02 \leq G_3 \leq 0.02$ の範囲内の不均質球芯ならば開口数 $NA = 0.45$ で使つても横収差 $1\mu\text{m}$ 以内になる。従つて第19図の各応用例に示すように、本レンズからの光を受けるのにファイバを用いる際、このファイバがシングルモードファイバであつても、充分な高効率が期待できる。

第10図は一個のレンズで光源からの発散光束を集束し光ファイバなどに結合させる例で、ロッド状グラッド製の開口数を0.5、反対側を0.12としている。第8, 9図の場合に比べて横収差は一桁大きい。しかしそれでも例えば球芯半

径 1mm のレンズでシングルモードファイバのコア径内(約 $6\mu\text{m}$)に収差を取めることは難しくない。

第11図は第7図の光ビックアップに用いることを想定した光学系の収差補正の条件を示している。第5図の光学系の補正条件を示す第9図と比較してみると、同じ屈折率分布の球芯に対して従者が厚い球殻状グラッドを必要としている。これは従者ではロッド状グラッドに間隙(空気層)があるためその分負の収差がおこり(空気中に平板屈折媒体があるときには正の収差)、それを補償するために球殻状グラッドをその分だけ厚くしていることになる。第12図は n_0 を単位とする作動間隙 W/n_0 と必要な球殻状グラッド厚さ d/n_0 の関係を示している。パラメータは2次係数 G_2 である。あわせて $(+1)/r_0$ を示している。いま、ディスクの厚さ $s = 1\text{mm}$ 、球芯半径 2mm とすると、 $(+1)/r_0 \geq 0.5$ 、第12図からの範囲は図中、左半分の所に位置し、例えば $G_2 = -0.08$ として、間隙 W は 0.6mm は取れる。

第11図から、例えば $r_0 = 2\text{mm}$ 、 $G_2 = -0.1$ 程度の球芯で $-0.01 \leq G_3 \leq 0.01$ の範囲のものがあれば $NA = 0.45$ で横収差 $1\mu\text{m}$ 内のレンズができる。これは光の回折限界 $\bar{D} \approx \lambda/NA$ ($\lambda = 0.8\mu\text{m}$ として約 $2\mu\text{m}$ 、半径にして $1\mu\text{m}$)と同程度であり高性能レンズと云える。しかし G_3 の範囲がイオン交換などで制御できるものかどうかが問題になるので、現実的に制作されている円筒対称の分布をもつ集束性ロッドレンズの屈折率分布の表式 $n(r) = n_0 \{1 - (gr)^2 + h_2 (gr)^4\}$ に置き換え、4次係数 h_2 に換算してみる。 $G_2 = -(gr_0)^2$ 、 $G_3 = h_2 (gr_0)^4$ 、より $h_2 = G_3/G_2$ 、 $G_2 = -0.1$ を代入して $h_2 = 100 \cdot G_3$ 、従つて G_3 は小さな値でも h_2 は二桁大きく $-0.01 \leq G_3 \leq 0.01$ は $-1 < h_2 < 1$ に相当する。しかし、従来のイオン交換に関する経験からこの範囲は決して狭いものではない。若しこれに匹敵するレンズを円筒対称屈折率分布のロッドレンズで実現しようとするとおそらく h_2 は或る値に ± 0.01 の精度で制御しなければならぬだろう。このことから本発明レンズは優

れた集光レンズと云える。

さて、以上では $n(0) = 1.6$ 、 $nd = 1.5$ の数値例を示してきた。それはガラス材の球芯にプラスチックのグラッドをも使用できるよう配慮したからである。しかしレンズの使用条件によつてはグラッド材の熱膨張係数を球芯に一致させねばならずガラス材を用いることも必要であり、また最も有効な nd を探すことも重要である。そこでグラッドの屈折率 nd を変えて収差補償の条件を求めたのが第13図、第14図である。各々第4図、第5図の各向図の光学系に対応している。

第13, 14図で横軸のグラッド屈折率 nd が増えたと、縦軸に示す収差補償に必要なグラッドの厚さが減少する。ここで、パラメータは2次係数 G_2 である。4次係数 G_4 は簡単なため0としている。一点横線で示す収差補償は nd の小さい処と大きい処で、また $|G_3|$ の小さい処で増加している。しかし詳しく見ると nd の $n(0) = 1.6$ の値を中心とするその両側に扇形の角状の領域があり、これは分布が弱い $|G_3|$ 小)球芯でもグラ

ッドの屈折率を調べば少ない収差にできることを意味している。この二つの領域の内、ndの小さい方では不均質球芯の周辺からクラッドに屈折率がほぼ段差なしに付着がついていることが認められる。これはトラッド及びモルガンが解析的に求めた均質球芯のある無収差ルネブラクレンズと似ている。しかし解析解の球芯の屈折率分布は複雑で実際に制作することは出来そうにない。そこでイオン交換などで出来上つたものにその分布に同じたクラッドを付けるというのが設計上の手法となる。さて、ndの大きい方は $|Q_1|$ が小さくても球芯とクラッドの間の屈折率段差が大きくなっている。 $Q_1 \rightarrow 0$ の極限、すなわち球芯に分布がない場合でも屈折率の大きいクラッドを付けて収差を小さくできることを意味し、これに相当するレンズは同じくトラッドに比しより見出し出されている。第13,14図は、⁽¹⁾異なるレンズを含み、設計のための全被写像している。

次にレンズ製作にあつてのクラッドの厚さ

や、クラッドの中での球芯の位置ずれなどの製作精度をどの程度に抑えるべきかを知るために、第15図、第16図にはクラッドの厚さに対する収差の増加を、第17図、第18図にはクラッドの中での球芯の光軸方向の位置ずれに対する収差の増加を示している。光通信用レンズを想定してシングルモードファイバのコア径約 $6\mu\text{m}$ 内に収差を取るためには横収差をその半分の $3\mu\text{m}$ 以内にすればよく、例えば第16図で $t_0 = 1\text{mm}$ の球芯を用いるとして、クラッド厚さは $\pm 80\mu\text{m}$ の精度が必要である。また第18図の球芯の位置ずれは $\pm 100\mu\text{m}$ に抑えればよい。また、光ビッタアップ用レンズを想定すると横収差を回折限界内に抑えることが必要になり、 $\pm 1\mu\text{m}$ 以内にしたい。 $t_0 = 2\text{mm}$ として第16図からクラッド厚さは約 $\pm 50\mu\text{m}$ 、第18図から球芯の位置ずれは $\pm 40\mu\text{m}$ に抑えることが必要となる。が、これ等の製作公差は、高性能レンズを目指している割には比較的大きく採れ、レンズ製作上、好都合である(光ビッタアップレンズはロッド状クラッド

に開隙のある第7図(4)の光学系についてグラフが必要であるが開隙無しの場合で代用した)。

以上では、本発明レンズが構造が比較的簡単で、量産性に富み、開口数が多い割に収差を小さくできることを証した。これに加えて、従来の球殻状クラッドのみから成るレンズに比し、物素子との密着一体化がし易い、多重利用がし易いなど機能性に富むことを第19図示の応用例にて示しておく。

もつとも、本発明はこうしたレンズそのものに係るもので、これをどのように利用するかは夫々当業者の選択に任されるため、第19図各図では各応用例の概略構成を示すに留める。

第19図(4)、(5)、(6)は、光ファイバ、7開又はこのファイバ、7Kに代えて一方を光源とし、これとファイバ間とか受光回路等、反射体、回折体、干涉手段、変調素子、光スイッチ、アイソレータ等々の他の素子とを挿入するため空間Fを必要とする場合に有効な挿入デバイスへの応用例で、本発明レンズを一對用している。

第19図(4)、(5)の応用例は方向性結合器で、本発明レンズを一對用い、間にビーム・スプリッタを挟み込んでいる。この場合、一對のレンズの面を合せ端面とビーム・スプリッタとの物理的な固定のためには、公知の接着剤から適当なものを選ぶことができる。

第19図(4)、(5)は分岐器乃至その逆機能としての合波器とする応用例で、同図(4)では球殻状クラッド2、2間をプリズム10を挿入して成っており、同図(5)では回折格子11を球殻状クラッド2に貼らせている。また、ロッド状クラッドの端面は先に述べた球面にし、ファイバの群をこの球面に対し放射状に配している。同図(4)では、ロッド状クラッド端面がそのものを、適宜な磨形成技術を利用する等して回折格子11としている。

第19図(4)の光スイッチでは、本発明レンズを二つ、そのロッド状クラッド部分で直交的に一体成形し、端面を一括に切断して、通常はこの切断面を全反射面としてこれ等二つのレンズ

部分間に光の入射側面を持たせているが、この斜断面に相補的な面を持つ遮断部材12を選択的に挿入することにより、もう一つの本発明レンズを介して他の光ファイバへ光路を切替えるようになっている。

第19図(h)は、先に述べた光ビッタアップとして本発明レンズを応用する場合、覆層されたガラス間等の狭空間に横から挿入するのに適応するように、高さを低くするため、本レンズを介しての光路間に真空関係を持たせるべく、コブノとして半球状のものを用い、その直径をきむ平面14を反射面として用いたもので、空間14を介しての光ディスク14は同じくロッド状クラッド14の一部と看做することができる。

第19図(i)はフレキシブル光エネルギーガイド装置を構成した例であつて、筒状の各ハウジング13…を隣接する端面相互で球自在継手14…で連結し、各ハウジング内に、本発明レンズを二つ、背中合せにしてそのロッド状クラッド部分14、14を一体成形した要素14を配して成つている。

本発明レンズの及に他の実施例の戦略構成及びロッド状増面に点光源をふき球殻の外に集光させた時の光学系の収差の説明図、第7図(a)、(b)は第5図(a)のレンズを光ビッタアップ用に変形した実施例の戦略構成及びその収差の一例の説明図、第8、9、10、11図は各々第4、5、6、7図光学系について球芯の2次係数 Q_2 、4次係数 Q_4 の値に応じての収差補償に必要な球殻状クラッドの厚さ及びそのときの残留横収差、焦点までの距離の関係曲線図、第12図はビッタアップ光学系第5図(a)の間隔Wとクラッドの厚さ、使用できるディスクの厚さの関係曲線図、第13、14図は各々第4、5図の光学系で2次係数 Q_2 をパラメータにクラッドの屈折率を変えて収差補償に必要な球殻状クラッドの厚さを求め、あわせて残留横収差を示した関係曲線図、第15、16図は各々第4、5図のレンズで球殻状クラッドの厚さの製作精度と収差の関係を例示した関係曲線図、第17、18図は各々第4、5図のレンズでクラッドの中で球芯の光軸方向の位置ずれ

この装置はフレキシブルなガイド機能のみならず、ガイドした先で集光する機能を持つているので、例えばレーザメス等に応用すれば他の集光系が要らず、合理的である。

以上のよう、本発明に依れば、その本来の光学的特性の優秀さに加えて、他素子との組み合わせの自由度が高く、一体化も図れる多機能な小型レンズが提供できるものである。

4. 図面の簡単な説明

第1図はクラッドのない、球対称な屈折率分布をもつ球レンズの収差を示す説明図、第2図は球殻状屈折媒体の収差を示す説明図、第3図は球面でえぐられたロッド状媒体の収差を示す説明図、第4図(a)、(b)は本発明の不均質レンズの一実施例の戦略構成及びロッド部から平行光を入射させ、球殻の外へ集光させた時の収差の一例の説明図、第5図(a)、(b)、(c)は本発明レンズの他の実施例の戦略構成及び球殻部から平行光を入射しロッド部の端面に集光させた時の収差の一例の説明図、第6図(a)、(b)、(c)は

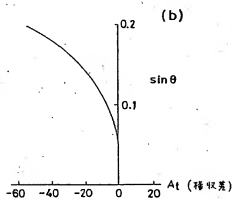
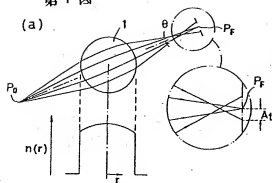
と収差との関係曲線図、第19図は本発明レンズの各応用例の戦略構成図である。

図中、1は球芯(コア)、2は球殻状クラッド、3はロッド状クラッド、4はロッド状クラッドの一部としてのディスク、5は空間、6は反射面(鏡)である。

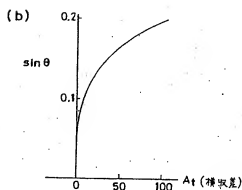
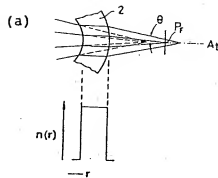
指定代理人 工業技術院
電子技術総合研究所長
野々力



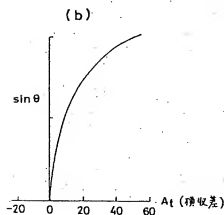
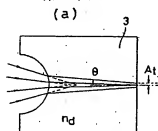
第1図



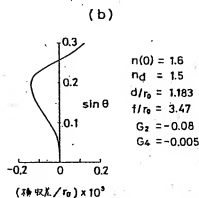
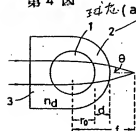
第2図



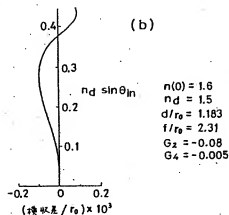
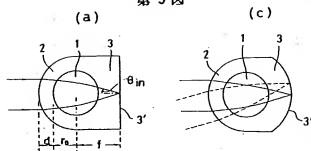
第3図



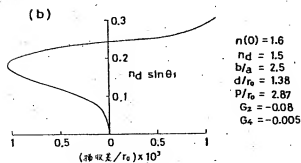
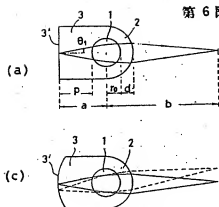
第4図



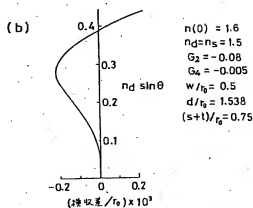
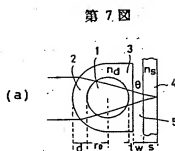
第 5 图



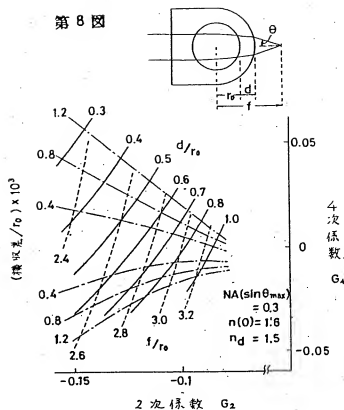
第 6 图



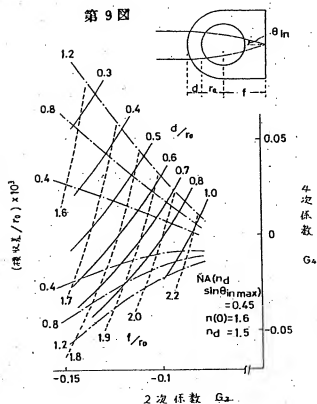
第 7 图



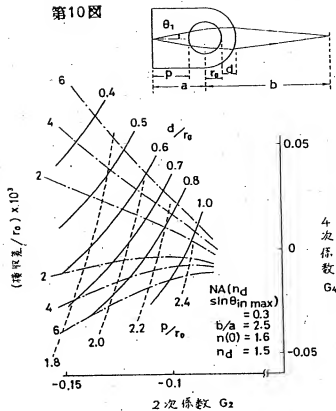
第 8 圖



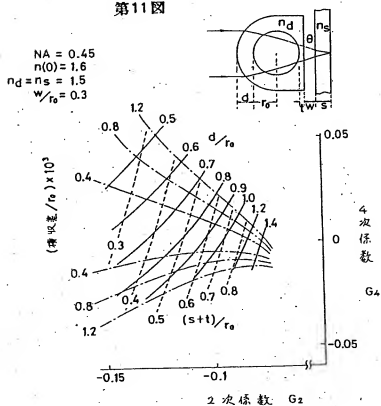
第 9 圖



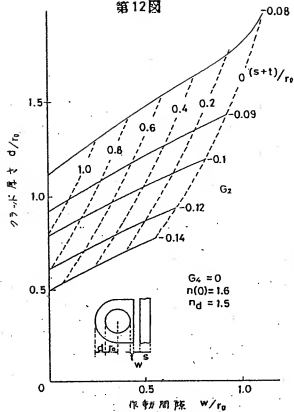
第10图



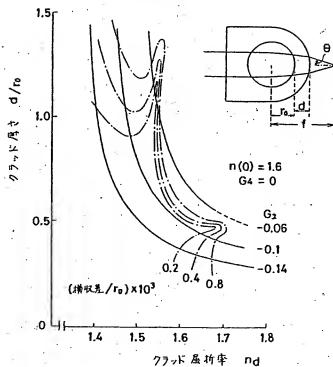
第11图



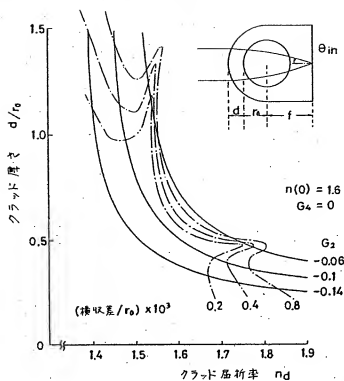
第12図



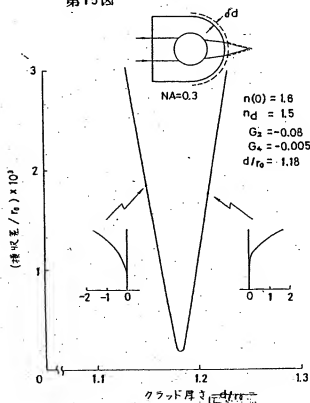
第13図



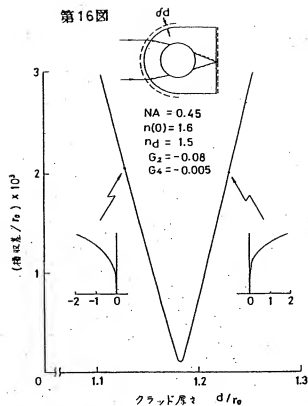
第14図



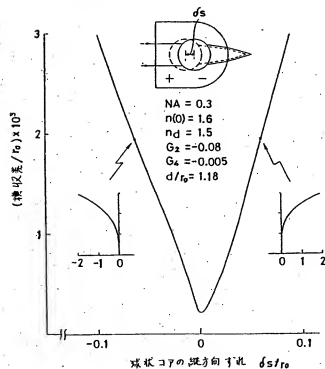
第15図



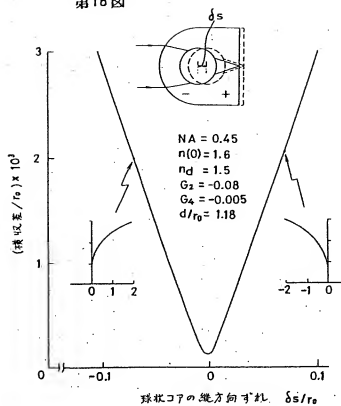
第16図



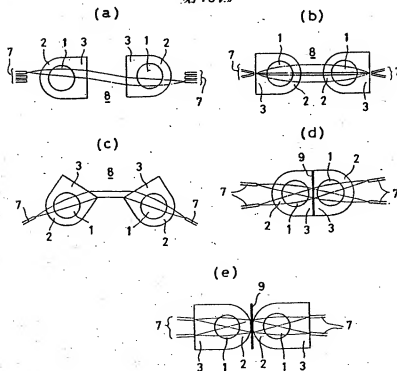
第17図



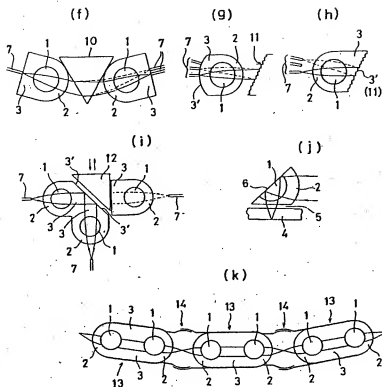
第18図



第19図



第19図



手続補正書(由角)

昭和54年7月/日

特許庁長官 島田 孝 閣 殿

1 事件の表示

昭和54年特許願第46612号

2 発明の名称

不均質屈折率レンズ

3 補正をする者

事件との関係 特許出願人

東京都千代田区板橋1丁目3番1号

114工業技術院院長 石坂誠一

4 指定代理人

茨城県新治郡板橋町1丁目1番1号

0035工業技術院

電子技術総合研究所長 等々力 昌

5 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明の欄および図面

6 補正の内容

- (1) 明細書中、第5頁3行の「 Δt は」を「 Δt は」と訂正する。
- (2) 同、第6頁4行の「...となる点光源...」を「...となる。点光源...」と訂正する。
- (3) 同、第10頁3行、第16頁2,5,9,12,16,18行および第15頁2,11行の「nd」を「 n_d 」と訂正する。
- (4) 同、第12頁末行の「0.6=」を「1.2=」と訂正する。
- (5) 同、第16頁下から5行の「約 $\pm 30\mu$ 」を「約 $\pm 50\mu$ 」と訂正する。
- (6) 同第16頁下から5行の「 ± 40 」を「 ± 70 」と訂正する。
- (7) 図面の第2図(a)を別紙のように訂正する。



才 2 図

